



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 31 961.4

**Anmeldetag:** 02. Juli 2001

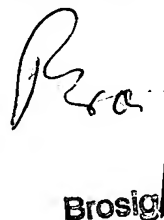
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** N-Punkt-Stromrichterschaltung

**IPC:** H 02 M 7/537

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag



Brosig

## Beschreibung

## N-Punkt-Stromrichterschaltung

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine N-Punkt-Stromrichter-  
schaltung mit zwei elektrisch in Reihe geschalteten Strom-  
richterventilen, die jeweils  $n-1$  abschaltbare Halbleiter-  
schalter aufweisen, und mit einem  $n-1$  elektrisch in Reihe ge-  
10 schalteten Kondensatoren aufweisenden Spannungszwischenkreis,  
der elektrisch parallel zu den gleichspannungsseitigen An-  
schlüssen der reihengeschalteten Stromrichterventile geschal-  
tet ist.

Für drehzahlveränderbare Antriebe im Hochleistungsbereich  
15 stehen heute neben dem Gleichstromantrieb der Drehstroman-  
trieb mit dem netzgeführten Direktumrichter und dem maschi-  
nengeführten Stromrichtermotor im Vordergrund. Der einge-  
schränkte Drehzahlbereich des Direktumrichterantriebs sowie  
die eingeschränkte Qualität des Drehstrommoments (Drehmoment-  
20 fälligkeit und Dynamik) beim Stromrichtermotor begrenzten  
bisher bei vielen Anwendungen das weitere Vordringen des war-  
tungsfreundlicheren und robusteren Drehstromantriebs. Mit dem  
Prinzip des U-Umrichters können diese Einschränkungen bzw.  
Nachteile überwunden werden, dass Problem dabei war bisher  
25 der eingeschränkte Leistungsbereich. Mit den heute verfügba-  
ren abschaltbaren Halbleiterschaltern ist jedoch inzwischen  
die Megawattgrenze überschritten. Bauelemente mit 4,5kV  
Sperrspannung und 3kA maximal abschaltbaren Strom sind im  
praktischen Einsatz, damit sind Wechselrichter mit Leistungen  
30 bis zu 2,5MW mit nur sechs abschaltbaren Halbleiterschaltern  
erreichbar.

Für eine weitere Erhöhung der Leistungsgrenzen wäre in der  
konventionellen Schaltung des U-Umrichters der Übergang auf  
35 die Reihen- und/oder Parallelschaltung von abschaltbaren  
Halbleiterschaltern erforderlich. Dies würde vor allem bei  
den Beschaltungsnetzwerken für Symmetrierung der Spannung und

Ströme zu zusätzlichen technischen Problemen, erheblich mehr Aufwand und erhöhten Verlusten führen.

Als Alternative hierzu bietet sich zunächst die entkoppelte  
5 Reihenschaltung zweier Stromrichterventile nach dem Konzept des Dreipunkt-Wechselrichters an. Man verdoppelt dadurch den erreichbaren Leistungsbereich, wobei durch zwei zusätzliche Dioden jeder abschaltbare Halbleiterschalter voll ausgenutzt werden kann. Darüber hinaus erreicht man selbst bei reduzier-  
10 ter Pulsfrequenz eine deutlich bessere Kurvenform der Ausgangsspannung, was den Wirkungsgrad verbessert sowie Stromüberschwingungen und damit Oberwellenmomente verringert.

Aus der Veröffentlichung "Medium Voltage Inverter using High-  
15 Voltage IGBTs" von A. Mertens, M. Bruckmann, R. Sommer, abgedruckt in EPE '99 - Lausanne, ist eine Dreipunkt-Stromrichterschaltung bekannt, die zwei reihengeschaltete Stromrichterventile mit jeweils zwei abschaltbaren Halbleiterschaltern und einem mit zwei elektrisch in Reihe geschalteten Kondensatoren aufweisenden Spannungszwischenkreis aufweist. Die Ver-  
20 bindungspunkte zweier abschaltbarer Halbleiterschalter jeweils eines Stromrichterventils ist mittels einer Mittelpunktdiode mit dem Verbindungspunkt der beiden Kondensatoren des Spannungszwischenkreises elektrisch leitend verbunden.  
25 Dieser Verbindungspunkt bildet den Mittelpunkt dieser Dreipunkt-Stromrichterschaltung. Als abschaltbarer Halbleiterschalter sind Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT) vorgesehen. Mit dieser Dreipunkt-Stromrichterschaltung kann mit 3,3kV IGBTs eine Ausgangsspannung mit einem Wert von 2,3kV  
30 erzeugt werden. Für die Generierung einer Ausgangsspannung mit einem Wert von 3,3kV oder 4,16kV werden pro Stromrichterventil vier Halbleiterschalter verwendet. Man könnte auch sagen, dass anstelle der abschaltbaren Halbleiterschalter mit der Reihenschaltzahl Eins nun wegen der hohen Sperrspannung  
35 Halbleiterschalter mit der Reihenschaltzahl Zwei verwendet werden.

Ebenfalls sind die Mittelpunktsdioden durch Halbleiterschalter mit der Reihenschaltzahl Zwei ersetzt worden. Dreipunkt-Stromrichterschaltungen mit einer Mittelpunktsklemmung sind im Handel als NPC (Neutral Point Clamped) bekannt.

5

Diese NPC-Umrichterkonfiguration weist folgende Nachteile auf:

- 10 - Anschluss an den Mittelpunkt erfolgt über die Mittelpunktsdioden. Für eine weitere Spannungserhöhung wird die Reihenschaltung der Bauelemente angefordert. Die Reihenschaltung der Dioden ist nicht unproblematisch. Solange parallel zur Diode ein IGBT zugeschaltet ist, wird die Spannung an der Diode durch die aktive Maßnahme des IGBTs  
15 begrenzt. Die Mittelpunktsdioden müssen zusätzlich beschaltet werden.
  - Die Beschaltung der Mittelpunktsdioden bringt nächste Schwierigkeiten mit sich. Die Ladung aus der Beschaltung wird beim Einschalten von inneren Ventilen in den Freilaufkreis entladen, der aus inneren Ventilen und Mittelpunktsdioden besteht. Diese Freilaufströme belasten zusätzlich diese Ventile und erschweren den Einsatz der Beschaltung.  
20
  - Die Realisierung von Fünfpunkt-Umrichtern erfordert wiederum die Reihenschaltung der Dioden und deren Beschaltung.  
25
  - Die Kommutierungsfolge muss auch im Fehlerfall eingehalten werden.
- 30 Neben dieser NPC-Umrichterkonfiguration gibt es noch eine Umrichterkonfiguration, deren Mittelpunkt nicht geklemmt ist. Eine derartige Konfiguration wird als Floating Point bezeichnet. Bei dieser FP-Umrichterkonfiguration sind immer zu zwei elektrisch in Reihe geschalteten Halbleiterschaltern wenigstens ein Kondensator elektrisch parallel geschaltet. Mit Erhöhung der Anzahl der elektrisch in Reihe geschalteten Halbleiterschalter erhöht sich die Anzahl der Kondensatoren um  
35

Eins. D.h., bei einer Fünfpunkt-Stromrichterschaltung werden zehn Kondensatoren im Spannungszwischenkreis verwendet. Die Schaltung einer derartigen Fünfpunkt-Stromrichterschaltung ist aus der Veröffentlichung "The Universal Medium Voltage Adjustable Speed Drive" von Y. Shakweh & E. A. Lewis, abgedruckt in EPE '99 - Lausanne, bekannt. In der dortigen FIG 4 ist auch eine Fünfpunkt-Stromrichterschaltung in der Topologie NPC dargestellt. Dieser Darstellung kann entnommen werden, dass 3 x 4 Klemmdioden benutzt werden. Mittels dieser Dioden kann der wechsellspannungsseitiger Anschluss dieser Fünfpunkt-Stromrichterschaltung mit den fünf Potentialen des Spannungszwischenkreises verbunden werden.

Auch die FP-Umrichterkonfiguration weist Nachteile auf:

15

- Es ist ein spezielles Steuerverfahren zum Aufladen von internen Kondensatoren notwendig.
- Es werden viele Kondensatoren benötigt.

20 Aus der Veröffentlichung "The Universal Medium Voltage Adjustable Speed Drive" von Y. Shakweh & E. A. Lewis, abgedruckt in EPE '99 - Lausanne, ist eine weitere Möglichkeit für einen Mittelspannungs-Umrichter veranschaulicht. Bei dieser weiteren Möglichkeit werden mehrere sogenannter H-Stromrichterbrücken elektrisch in Reihe geschaltet. Eine derartige Schaltung ist auch als Multilevelkaskade bekannt, die folgende Nachteile aufweist:

25

- Für jede H-Brücke muss eine potential getrennte Einspeisung vorgesehen werden. Dazu werden komplizierte Transformatoren mit mehreren Wicklungen benötigt.

30

In der Veröffentlichung "A New Multilevel Inverter Topology with a Hybrid Approach", von Bum-Seok Suh, Yo-Han Lee, Dong-Seok Hyun und Thomas A. Lipo, abgedruckt in EPE '99 - Lausanne, wird eine modifizierte Multilevelkaskade offenbart.

35

Mit der vorgestellten Modifikation ist eine gradzahlige Mehrpunkt-Topology möglich.

5 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Mehrpunkt-Stromrichterschaltung anzugeben, die einfach zu realisieren ist, eine verbesserte Ausgangsspannungsqualität aufweist und über eine Notlaufeigenschaft verfügt.

10 Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 erfindungsgemäß gelöst.

(1) ●  
15 Dadurch, dass mittels  $n-2$  Quersäulen, die jeweils antiseriell geschaltete abschaltbare Halbleiterschalter aufweisen, wenigstens ein wechsellastseitiger Anschluss der Stromrichterschaltung mit  $n$  Potentialen des Spannungszwischenkreises verbindbar ist, erhöht sich die Verfügbarkeit einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung. Bei einem Fehler innerhalb der Mehrpunkt-Stromrichterschaltung werden die reihengeschalteten  
20 Stromrichterventile abgeschaltet und die abschaltbaren Halbleiterschalter wenigstens eines Quersäulenzweiges eingeschaltet. Dadurch verringert sich die Spannung an den reihengeschalteten Stromrichterventilen. Bei einer Dreipunkt-Stromrichterschaltung reduziert sich die Sperrspannung an den reihengeschalteten Stromrichterventilen auf die halbe Zwischenkreis-  
25 spannung.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Mehrpunkt-Stromrichterschaltung ist der einfache Aufbau eines Phasenbausteins. Da die Kommutierungspfade gleich sind, kann man den  
30 Aufbau in wenigstens drei parallel zueinander angeordneten Säulen realisieren. In der ersten Säule sind die abschaltbaren Halbleiterschalter des ersten Stromrichterventils untergebracht, in der zweiten Säule sind die abschaltbaren Halbleiterschalter eines Quersäulenzweiges und in der dritten Säule  
35 sind die abschaltbaren Halbleiterschalter des zweiten Stromrichterventils untergebracht. Sind mehrere Quersäulen einer

Mehrpunkt-Stromrichterschaltung vorgesehen, so erhöht sich die Anzahl der parallel zueinander angeordneten Säulen um die Anzahl der weiteren Quersweige. Somit kann man einen induktivitätsarmen Aufbau einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung erreichen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Mehrpunkt-Stromrichterschaltung ist jeder Quersweig dermaßen zwischen einem Potential des Spannungszwischenkreises und einem Verbindungspunkt zweier reihengeschalteter abschaltbaren Halbleiterschalter geschaltet, das immer  $n-1$  abschaltbare Halbleiterschalter einen Strom führen, wobei  $n$  gleich die Anzahl der Potentiale des Spannungszwischenkreise ist. Dadurch wird die Anzahl der verwendeten abschaltbaren Halbleiterschalter der Mehrpunkt-Stromrichterschaltung verringert, wobei jedoch ein Belastungsunterschied für einzelne abschaltbaren Halbleiterschalter in Kauf genommen werden muss.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Mehrpunkt-Stromrichterschaltung werden alle Quersweige zwischen dem wechsellspannungsseitigen Anschluss der reihengeschalteten Stromrichterventile und einem Potential des Spannungszwischenkreises angeschlossen. Dadurch werden alle abschaltbaren Halbleiterschalter der Mehrpunkt-Stromrichterschaltung gleichbelastet.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der mehrere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen N-Punkt-Stromrichterschaltung schematisch veranschaulicht sind.

FIG 1 zeigt eine erfindungsgemäße Dreipunkt-Stromrichterschaltung, die

FIG 2 zeigt den zugehörigen mechanischen Aufbau einer Dreipunkt-Stromrichterschaltung, die

FIG 3 zeigt eine erste Ausführungsform einer Vierpunkt-Stromrichterschaltung nach der Erfindung, wobei in der

FIG 4 eine zweite Ausführungsform einer Vierpunkt-Stromrichterschaltung nach der Erfindung veranschaulicht ist, und die

FIG 5 zeigt eine Ausführungsform einer Fünfpunkt-Stromrichterschaltung nach der Erfindung.

In der FIG 1 ist eine Dreipunkt-Stromrichterschaltung gemäß der Erfindung näher dargestellt. Eine Dreipunkt-Stromrichterschaltung weist zwei Stromrichterventile SRV1 und SRV2 auf, die jeweils zwei abschaltbaren Halbleiterschalter V1a und V1b bzw. V2a und V2b aufweisen. Die beiden Stromrichterventile SRV1 und SRV2 sind elektrisch in Reihe geschaltet, wobei deren Verbindungspunkt ein Last-Anschluss L der Dreipunkt-Stromrichterschaltung bildet. Das freie Ende des Stromrichterventils SRV1 bildet einen positiven Gleichspannungs-Anschluss P, wogegen das freie Ende des Stromrichterventils SRV2 einen negativen Gleichspannungs-Anschluss N bildet. Elektrisch parallel zu den Anschlüssen P und N ist ein Spannungszwischenkreis ZW elektrisch parallel geschaltet, der bei einer Dreipunkt-Stromrichterschaltung zwei elektrisch in Reihe geschaltete Kondensatoren C1 und C2 aufweist. Deren Verbindungspunkt bildet einen Mittelpunkt-Anschluss MP.

Gemäß der Erfindung ist nun der wechsellspannungsseitige Last-Anschluss L mittels eines Querzweiges QZ1 mit dem Mittelpunkt-Anschluss MP verbindbar. Dazu weist dieser Querzweig QZ1 zwei antiseriell geschaltete abschaltbare Halbleiterschalter V3 und V4 auf. Durch die antiserielle Schaltung dieser beiden abschaltbaren Halbleiterschalter V3 und V4 kann ein Strom vom Mittelpunkt-Anschluss MP zum Last-Anschluss L und umgekehrt fließen. Dabei ist entweder der abschaltbare Halbleiterschalter V4 oder der abschaltbare Halbleiterschalter V3 aufgesteuert.

Als abschaltbare Halbleiterschalter V1a, V1b, V2a, V2b, V3 und V4 werden in der dargestellten Ausführungsform Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT) verwendet, die eine antipa-



parallel geschaltete Inversdiode aufweist. Anstelle von IGBTs können auch andere Halbleiterschalter verwendet werden. Diese müssen abschaltbar sein und eine antiparallele Diode aufweisen. Die Wahl eines geeigneten Halbleiterschalters hängt einerseits von der Gleichspannung  $U_{ZW}$  des Spannungszwischenkreises ZW und andererseits vom Gleichstrom  $i_L$  ab.

Eine derartige Stromrichterschaltung wird auch als Brücken-zweig bzw. Phasenbaustein bezeichnet. Beim Aufbau einer dreiphasigen Dreipunkt-Stromrichterschaltung werden dann drei Stromrichterschaltungen gemäß FIG 1 gebraucht, die gleichspannungsseitig elektrisch parallel geschaltet werden. Aus diesem Grund kann der Kapazitätswert des Spannungszwischenkreises ZW einer dreiphasigen Anordnung auf drei Spannungszwischenkreise ZW aufgeteilt werden.

In der FIG 2 ist ein mechanischer Aufbau der Dreipunkt-Stromrichterschaltung nach FIG 1 näher dargestellt. Bei diesem mechanischen Aufbau sind jeweils die abschaltbaren Halbleiterschalter  $V1a$ ,  $V1b$  und  $V2a$  und  $V2b$  der Stromrichterventile SRV1 und SRV2 und die abschaltbaren Halbleiterschalter  $V3$  und  $V4$  des Querszweiges QZ1 in einem Spannverband angeordnet. Diese drei Spannverbände SV1, SV2 und SV3 sind räumlich parallel zueinander angeordnet, da die Kommutierungspfade der einzelnen abschaltbaren Halbleiterschalter gleich sind. Wegen der Anordnung in mehreren Spannverbänden liegt es nahe abschaltbare Halbleiterschalter in Scheibenform zu verwenden. Bei dieser parallelen Anordnung der Spannverbände SV1, SV2 und SV3 sind diese derart in Längsrichtung ausgerichtet, dass der Verbindungspunkt der drei Stromrichterzweige, der den Last-Anschluss L bildet, auf einer Seite der Parallelanordnung der Spannverbände SV1, SV2 und SV3 ist. Dadurch kann auf der gegenüberliegenden Seite dieser Parallelanordnung die Kondensatoren C1 und C2 des Spannungszwischenkreises ZW elektrisch leitend mit den Anschlüssen der drei Spannverbänden SV1, SV2 und SV3 verbunden werden.

In der FIG 3 ist nun eine erste Ausführungsform einer Vierpunkt-Stromrichterschaltung dargestellt. Diese Vierpunkt-Stromrichterschaltung unterscheidet sich von der Dreipunkt-Stromrichterschaltung nach FIG 2 dadurch, dass die Stromrichterventile SRV1 und SRV2 jeweils einen dritten abschaltbaren Halbleiterschalter V1c bzw. V2c aufweisen. Außerdem ist ein zweiter Querzweig QZ2 vorgesehen, wobei die beiden Querzweige QZ1 und QZ2 jeweils drei abschaltbare Halbleiterschalter V3, V4, V5 und V6, V7, V8 beinhalten. Ferner weist der Spannungszwischenkreis einen dritten Kondensator C3 auf. Dadurch ist die Gleichspannung  $U_{zw}$  des Spannungszwischenkreises ZW in vier Potentialstufen unterteilt. Diese Potentialstufen sind die Potentiale des positiven und negativen Gleichspannungs-Anschlusses P und N, das Potential des Verbindungspunktes PP1 der reihengeschalteten Kondensatoren C1 und C2 und das Potential des Verbindungspunktes PP2 der reihengeschalteten Kondensatoren C2 und C3 des Spannungszwischenkreises ZW. Diese Verbindungspunkte PP1 und PP2 sind jeweils mit einem Querzweig QZ1 und QZ2 mit dem Last-Anschluss L der Vierpunkt-Stromrichterschaltung verbindbar. Dabei sind die abschaltbaren Halbleiterschalter V3, V4, V5 und V6, V7, V8 der beiden Querzweige QZ1 und QZ2 jeweils derart elektrisch in Reihe geschaltet, dass im Querzweig QZ1 und QZ2 jeweils ein Strom in beiden Richtungen fließen kann.

Würde man anstelle einer Vierpunkt-Stromrichterschaltung eine Fünfpunkt-Stromrichterschaltung benötigen, so würde sich die Anzahl der abschaltbaren Halbleiterschalter pro Stromrichterventil SRV um Eins erhöhen. Die Anzahl der Querzweige QZ und die Anzahl deren abschaltbaren Halbleiterschalter würden sich ebenfalls um Eins erhöhen, genauso wie die Anzahl der Kondensatoren C des Spannungszwischenkreises ZW. D.h., mit der Erhöhung der Anzahl der Punkte einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung erhöht sich nicht nur die Anzahl der abschaltbaren Halbleiterschalter in den Spannverbänden SV1, SV2, SV3, ..., sondern auch die Anzahl der Querzweige QZ1, QZ2, QZ3, .... Somit kommt ein neuer Spannverband zu der bestehenden Anordnung

hinzu. Der Vorteil dieser Schaltungsvariante einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung besteht darin, dass die Spannungsbelastung aller abschaltbaren Halbleiterschalter der Stromrichterventile SRV1, SRV2, ..., und der Quersweige QZ1, QZ2, ...,  
5 gleich ist.

Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung besteht in der verbesserten Verfügbarkeit der Stromrichterschaltung bzw. des darauf aufgebauten  
10 Umrichters. Diese verbesserte Verfügbarkeit der Stromrichterschaltung entsteht dadurch, dass bei einem Ausfall eines abschaltbaren Halbleiterschalters V eines Stromrichterventils SRV bei einer Dreipunkt-Stromrichteranordnung die Halbleiterschalter V3 und V4 des Quersweiges QZ1 eingeschaltet und die  
15 Ventile V des gestörten Stromrichterventils SRV ausgeschaltet werden. Damit ist der Last-Anschluss L mit dem Mittelpunkt-Anschluss MP der Dreipunkt-Stromrichterschaltung verbunden und an den Halbleiterschaltern V der Stromrichterventile SRV fällt die halbe Zwischenkreisspannung  $U_{zw}$  ab, die ohne weiteres von den abschaltbaren Halbleiterschaltern V1a, V1b, V2a  
20 und V2b gehalten werden kann.

Somit ist es nicht mehr notwendig, bei einem durchgeschlagenen Halbleiterschalter V in einem Stromrichterventil SRV die Stromrichterschaltung zu stoppen. Das beschädigte abschaltbare Halbleiterventil V kann weiter mit einem intakten abschaltbaren Halbleiterschalter den Strom schalten. Wenn z.B. der Halbleiterschalter V1a des Stromrichterventils SRV1 durchgeschlagen ist, dann darf nach der Fehlererkennung das  
30 Stromrichterventil SRV2 nicht mehr eingeschaltet werden, weil sonst der intakte Halbleiterschalter V1b im Stromrichterventil SRV1 eine zu hohe Spannung sperren muss. Das Halbleiterventil V1b kann mit dem abschaltbaren Halbleiterschalter V3 des Quersweiges QZ1 weitergeschaltet werden.

35 Um den Ausgangsstrom und die Ausgangsspannung eines dreiphasigen Umrichters symmetrisch zu erhalten, müssen alle Phasen-

bausteine dieses dreiphasigen Umrichters in gleichen Schaltbetriebsmodus gehen. D.h., in allen Phasen wird nur zwischen dem oberen Stromrichterventil SRV1 und dem Halbleiterschalter V3 des Querszweiges QZ1 geschaltet. Dadurch funktioniert der dreiphasige Umrichter wie ein Zweipunkt-Umrichter mit halber Zwischenkreisspannung  $U_{zw}$  und kann dabei den Nennstrom und die halbe Ausgangsspannung an eine angeschlossene Last weitergeben. Somit können die Anwendungen mit konstanten Moment weiterbetrieben werden.

10

Die erfindungsgemäße Stromrichterkonfiguration mit direkter Verbindung des Last-Anschlusses L an den Mittelpunkt-Anschluss MP und der Reihenschaltung von abschaltbaren Halbleiterschaltern V bietet folgende Vorteile:

15

- Alle Kommutierungspfade im Umrichter sind gleich, und die Belastung der abschaltbaren Halbleiterventile bleibt auch gleich. Dieses erlaubt eine einfache Anwendung modularer Bauweise.
- 20 - Man benötigt keine aufwendige Beschaltung, keine zusätzliche Steuerung und keine Nullstromerkennung. Die Ausgangsspannung ist wie bei einer herkömmlichen Dreipunkt-Stromrichterschaltung stufenförmig.
- Bei einem NPC-Umrichter mit Mittelpunktsventilen ist die Anwendung der Beschaltung äußerst schwierig. Durch die kreisförmige Verbindung der Mittelpunktsventile existiert bei zugeschaltetem Mittelpunkt ein Freilaufkreis. Führt man die Mittelpunktsventile mit Beschaltung für Ein- und Ausschaltentlastung aus, können bei Schaltvorgängen Freilaufströme im Mittelkreis eingeprägt werden, die zur zusätzlichen Belastung der Mittelpunktsventile führen. Mit der direkten Verbindung gemäß der Erfindung existiert kein Freilaufkreis, so dass der Einsatz von Beschaltungen vereinfacht wird.
- 30
- 35 - Durch die erhöhte Anzahl von in Reihe geschalteten abschaltbaren Halbleiterventilen in einem Stromrichterventil, wird bei Ausfall eines abschaltbaren Halbleiterschalt-

ters nicht automatisch das vollständige Stromrichterventil ausfallen, weil die Spannung von einem abschaltbaren Halbleiterschalter auf zwei andere aufgeteilt werden kann. Die Schaltvorgänge mit halber Zwischenkreisspannung sind noch weiter möglich. Die Stromrichterschaltung kann so bei reduzierter Ausgangsleistung und vollen Moment eine Last weitersteuern.

Bei dieser erfindungsgemäßen Mehrpunkt-Stromrichterschaltung könnte die erhöhte Anzahl von abschaltbaren Halbleiterschaltern im Vergleich zu einem herkömmlichen NPC-Stromrichterschaltung mit Mittelpunktsdioden sich störend auswirken. Dies wird durch eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen N-Punkt-Stromrichterschaltung behoben.

15

In der FIG 4 ist eine zweite Ausführungsform einer Vierpunkt-Stromrichterschaltung nach der Erfindung schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß FIG 3 dadurch, dass die vorhandenen Quersätze QZ1, QZ2 jeweils nur zwei abschaltbare Halbleiterschalter V3, V4 und V6, V7 aufweisen. Außerdem verbinden diese Quersätze QZ1 und QZ2 die Potentiale der Verbindungspunkte PP1 und PP2 des Spannungszwischenkreises ZW nicht mehr mit dem Last-Anschluss L der Stromrichterschaltung, sondern mit zwei Punkten SP1 und SP2. Der Punkte SP1 ist ein Verbindungspunkt der beiden abschaltbaren Halbleiterschalter V1b, V1c des Stromrichterventils SRV1, wogegen der Punkt SP2 ein Verbindungspunkt der beiden abschaltbaren Halbleiterschalter V2a und V2b des Stromrichterventils SRV2 ist. Durch diese Verschaltung der beiden Quersätze QZ1 und QZ2 reduziert sich die Anzahl der abschaltbaren Halbleiterschalter V einer Mehrpunkt-Stromrichterschaltung. Ein direkter Vergleich mit der Ausführungsform gemäß FIG 3 zeigt, dass zwei abschaltbare Halbleiterschalter V5 und V8 eingespart werden. Demgegenüber werden dadurch die abschaltbaren Halbleiterschalter V wieder unterschiedlich belastet. Der Belastungsunterschied der Stromrichterventile SRV1 und SRV2 ist gegenüber den bekannten

Mehrpunkt-Stromrichterschaltungen gering. Der Vorteil der reduzierten Anzahl von abschaltbaren Halbleiterschaltern V macht sich erst bei einer höheren Punktzahl der Stromrichterschaltung bemerkbar.

5

In der FIG 5 ist eine zweite Ausführungsform einer Fünfpunkt-Stromrichterschaltung nach der Erfindung dargestellt. Die Stromrichterventile SRV1 und SRV2 weisen jeweils vier abschaltbare Halbleiterschalter V1a bis V1d und V2a bis V2d

10

auf. Eine Fünfpunkt-Stromrichterschaltung weist drei Quersweige QZ1, QZ2 und QZ3 auf, die die Potentiale der Verbindungspunkte PP1, PP2 und PP3 des Spannungszwischenkreises ZW mit den Punkten SP3 und SP4 und den Last-Anschluss L verbinden.

15

Der Punkt SP3 ist ein Verbindungspunkt der beiden abschaltbaren Halbleiterschalter V1b und V1c des Stromrichterventils SRV1, wogegen der Punkt SP4 ein Verbindungspunkt der beiden abschaltbaren Halbleiterschalter V2b und V2c des

20

Stromrichterventils SRV2 ist. Damit bei der Durchschaltung eines Potentials der Spannungszwischenkreises ZW die Anzahl der anzusteuernenden abschaltbaren Halbleiterschalter V immer gleich ist, weisen die Quersweige QZ1 und QZ3 zwei abschaltbare Halbleiterschalter V3, V4 und V6, V7 und der Quersweig QZ2 vier abschaltbare Halbleiterschalter V9, ..., V12 auf. Bei

25

einer Fünfpunkt-Stromrichterschaltung gemäß der ersten Ausführungsform würden die Quersweige QZ1, QZ2 und QZ3 jeweils vier abschaltbare Halbleiterschalter V aufweisen. Somit reduziert sich die Anzahl der abschaltbaren Halbleiterschalter V um vier abschaltbare Halbleiterschalter V. Der Belastungsunterschied der abschaltbaren Halbleiterschalter V ist gegenüber bekannten Mehrpunkt-Stromrichterschaltungen immer noch kleiner. Bei einer Vierpunkt- oder Fünfpunkt-Stromrichterschaltung ist die Belastung der inneren Halbleiterschalter V1c und V2a oder V1c, V1b, V2a, V2b genauso groß wie bei einer Dreipunkt-Stromrichterschaltung mit einer NCP-Topologie.

35

Mit der erfindungsgemäßen direkten Verbindung verschiedener Potentialstufen mit dem Last-Anschluss L bzw. mit unter-

schiedlichen wechsellspannungsseitigen Anschlüssen SP1, SP2 bzw. SP3, SP4 lässt sich ein System mit höherer Anzahl von Spannungsstufen realisieren. Somit lässt sich eine Mehrpunkt-Stromrichterschaltung einfach aufbauen. Mit dem Anstieg der

5 Anzahl der Spannungsstufen erhöht sich auch die Verfügbarkeit der Stromrichterschaltung. Weiterhin verfügt die Mehrpunkt-Stromrichterschaltung über eine Notlaufeigenschaft, die ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand realisiert wird.

## Patentansprüche

1. N-Punkt-Stromrichterschaltung mit zwei elektrisch in Reihe geschalteter Stromrichterventile (SRV1,SRV2), die jeweils n-1 abschaltbare Halbleiterschalter (V1a,V1b,...,V1d;V2a,...,V2d) aufweist und mit einem n-1 elektrisch in Reihe geschalteten Kondensatoren (C1,C2,C3) aufweisenden Spannungszwischenkreis (ZW), der elektrisch parallel zu den gleichspannungsseitigen Anschlüssen (P,N) der reihengeschalteten Stromrichterventile (SRV1,SRV2) geschaltet ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass wenigstens ein wechsellspannungsseitiger Anschluss (L,SP1,SP2,SP3,SP4) mittels n-2 Quersweigen (QZ1,QZ2,QZ3), die jeweils wenigstens n-3 antiseriell geschalteter abschaltbare Halbleiterschalter (V3,V4) aufweisen, mit jedem der n Potentiale des Spannungszwischenkreises (ZW) verbindbar ist.
2. N-Punkt-Stromrichterschaltung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die abschaltbaren Halbleiterschalter (V1a,V1b,V2a,V2b) jedes Stromrichterventils (SRV1,SRV2) und jedes Quersweigs (QZ1,QZ2,QZ3) jeweils in einem Spannverband (SV1,SV2,SV3) angeordnet sind, die derart nebeneinander angeordnet sind, dass deren wechsellspannungsseitigen Anschlüsse (L) und deren gleichspannungsseitigen Anschlüsse (P,N) auf jeweils einer Seite liegen.
3. N-Punkt-Stromrichterschaltung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeweils ein Quersweig (QZ1,QZ2,QZ3) ein Potential des Spannungszwischenkreises (ZW) mit einem wechsellspannungsseitigen Anschluss (SP1,SP2;SP3,L,SP4) der reihengeschalteten Stromrichterventile (SRV1,SRV2) verbindet.
4. N-Punkt-Stromrichterschaltung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeder Quersweig (QZ1,QZ2,QZ3) ein Potential des Spannungszwischen-



kreises (ZW) mit dem wechsellspannungsseitigen Last-Anschluss (L) der reihengeschalteten Stromrichterventile (SRV1,SRV2) verbindet.

- 5 5. N-Punkt-Stromrichterschaltung nach einem der vorgenannten Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass als abschaltbarer Halbleiterschalter Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren vorgesehen sind.

## Zusammenfassung

## N-Punkt-Stromrichterschaltung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine N-Punkt-Stromrichter-  
schaltung mit zwei elektrisch in Reihe geschalteten Strom-  
richterventilen (SRV1,SRV2), die jeweils  $n-1$  abschaltbare  
Halbleiterschalter (V1a,...,V1d; V2a,...,V2d) aufweisen, und  
mit einem  $n-1$  elektrisch in Reihe geschalteten Kondensatoren  
10 (C1,C2,C3) aufweisenden Spannungszwischenkreis (ZW), der e-  
lektrisch parallel zu den gleichspannungsseitigen Anschlüssen  
(P,N) der reihengeschalteten Stromrichterventilen (SRV1,SRV2)  
geschaltet ist. Erfindungsgemäß ist wenigstens ein wechsel-  
spannungsseitiger Anschluss (L,SP1,SP2,SP3,SP4) mittels  $n-2$   
15 Querzweigen (QZ1,QZ2,QZ3), die jeweils wenigstens  $n-3$  ab-  
schaltbare Halbleiterschalter (V3,...,V12) aufweisen, mit je-  
dem der  $n$  Potentiale des Spannungszwischenkreises (ZW) ver-  
bindbar. Somit erhält man eine Mehrpunkt-Stromrichterschalt-  
tung, die einfach zu realisieren ist, eine verbesserte Aus-  
gangsspannungsqualität aufweist und über eine Notlaufeigen-  
20 schaft verfügt.

FIG 1

1/4

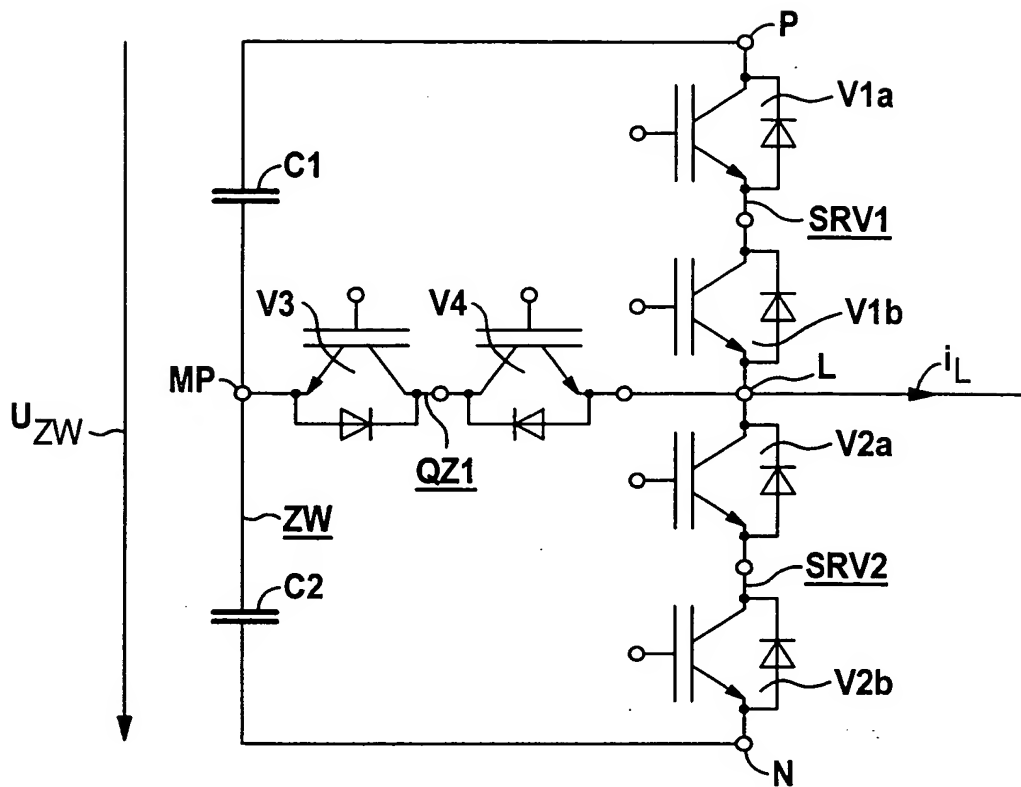


FIG 1

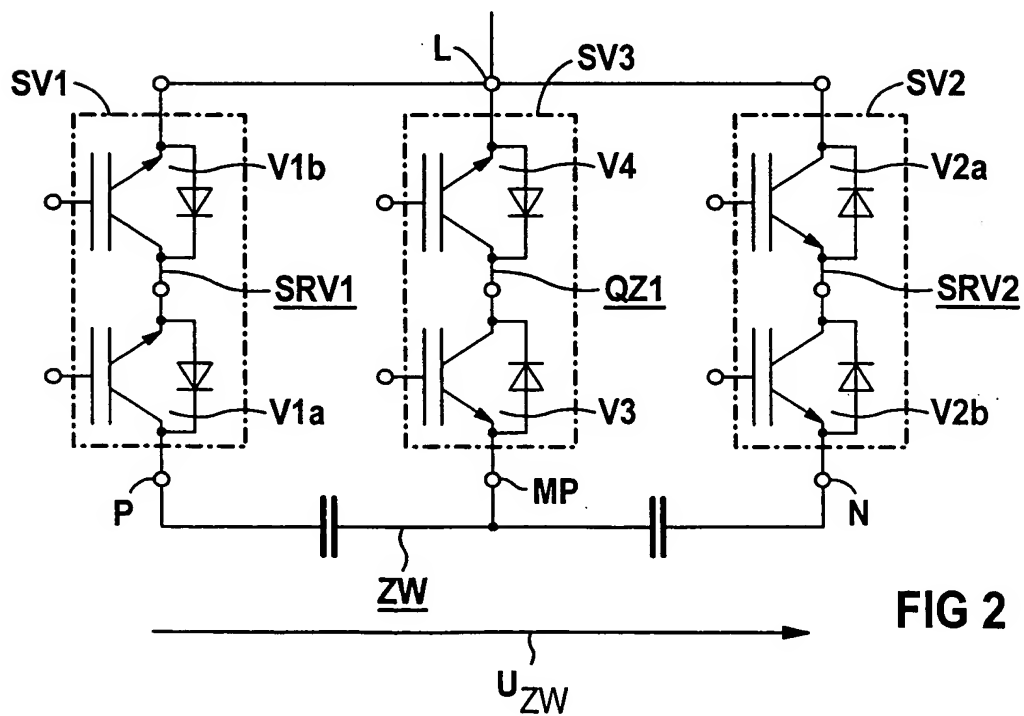


FIG 2

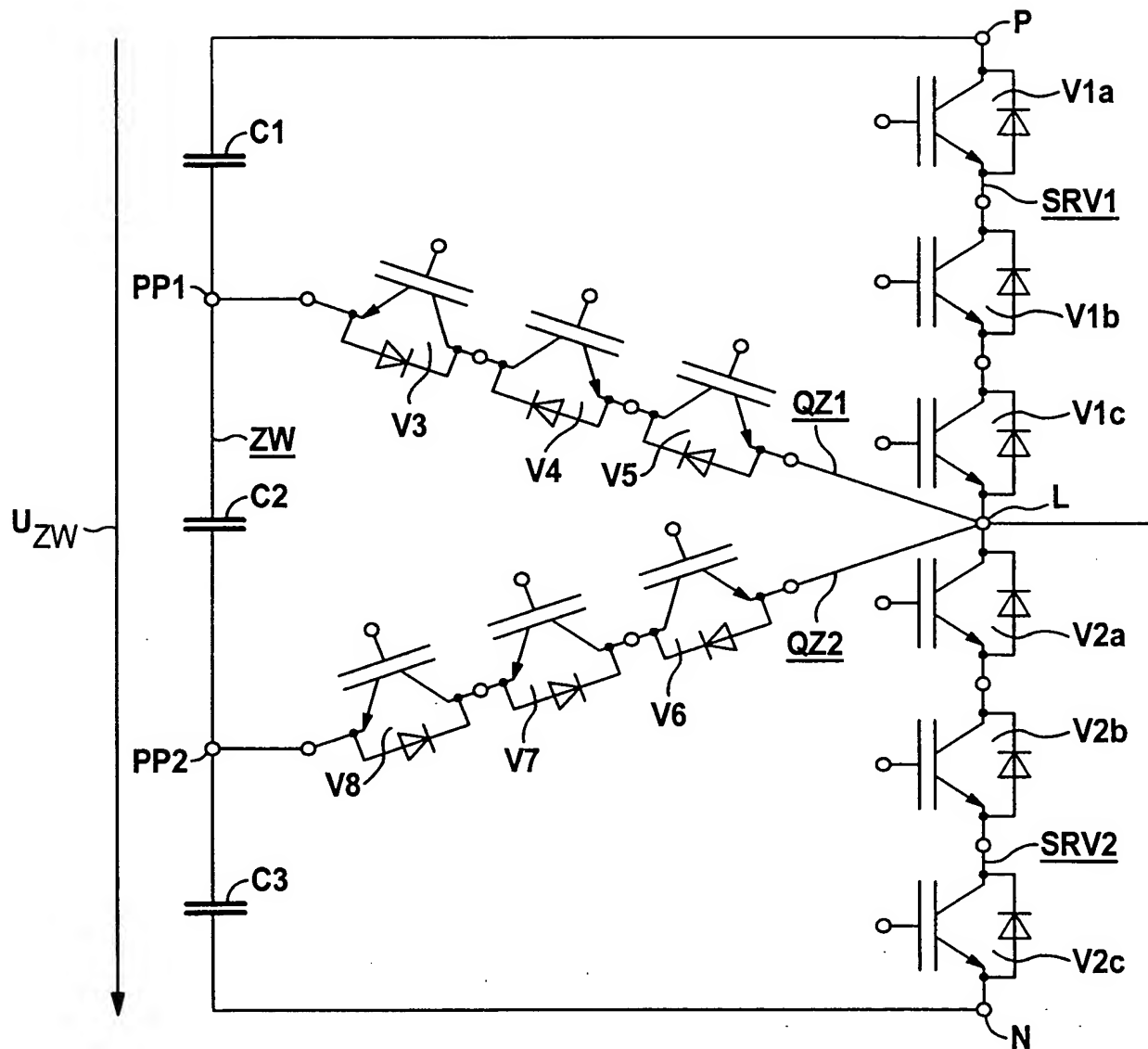


FIG 3

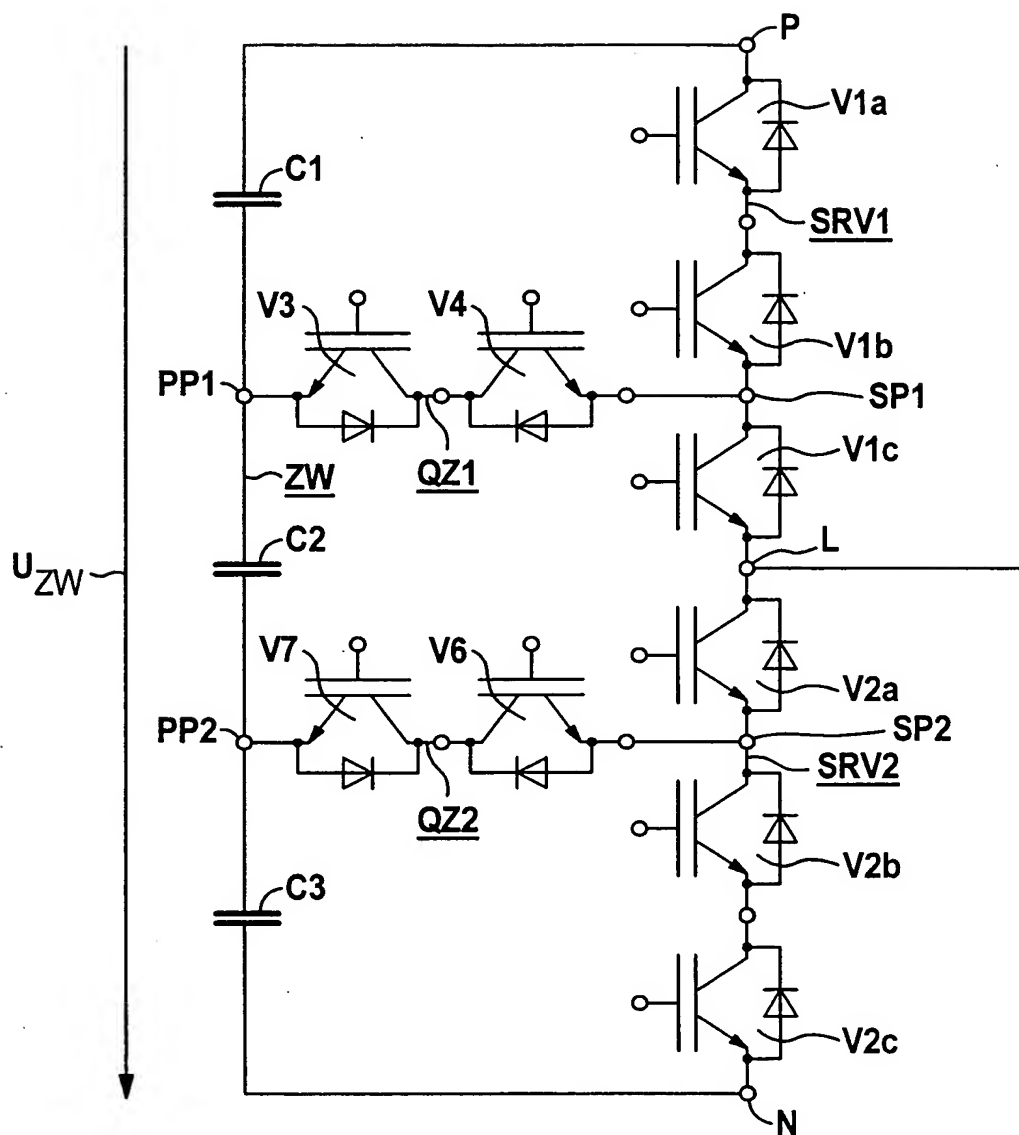


FIG 4

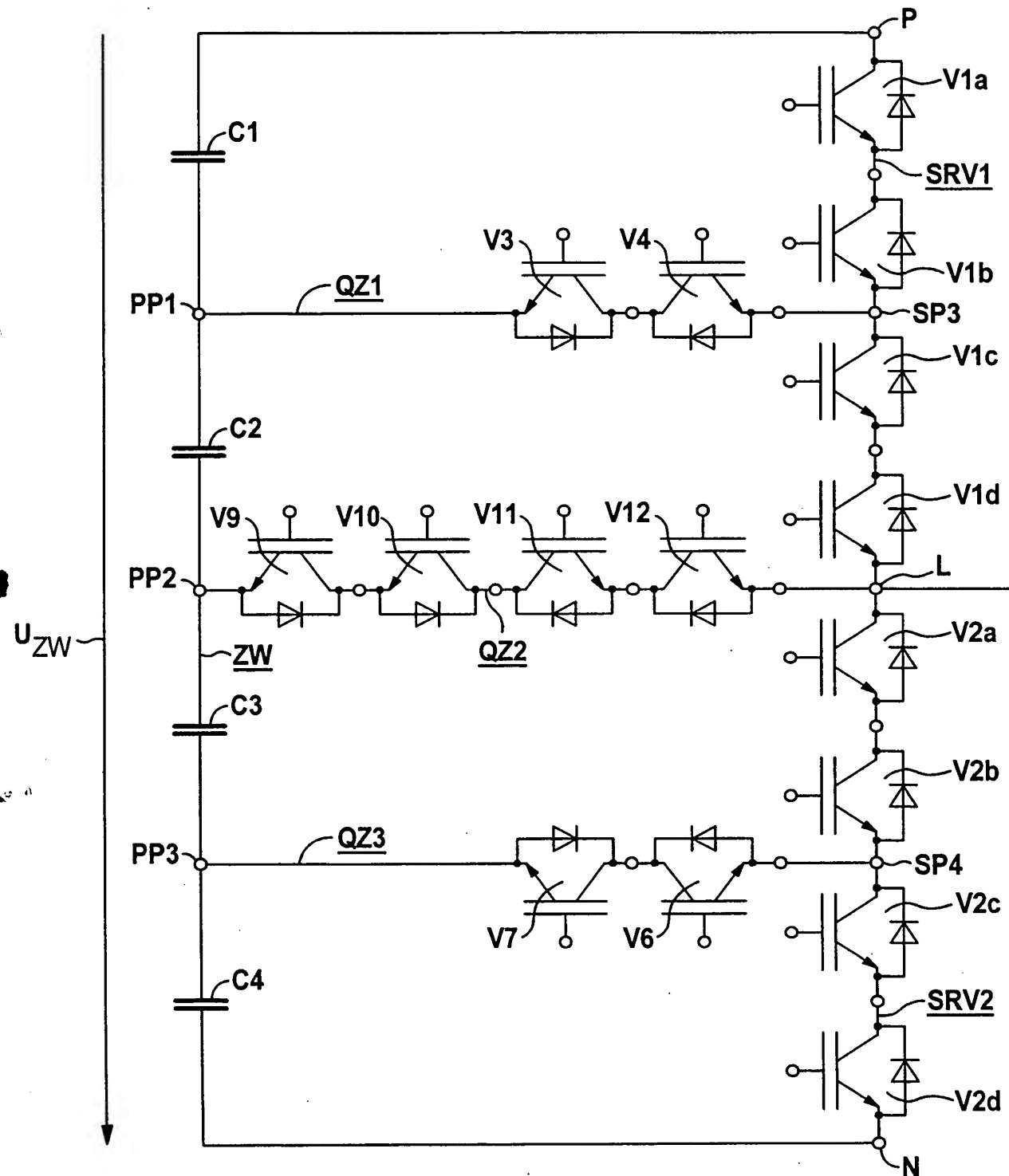


FIG 5